

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D 28 AUG 2000

WIPO

PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

# 8
8/2

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

EP 00/07152

4

Aktenzeichen: 199 35 351.4

Anmeldetag: 29. Juli 1999

Anmelder/Inhaber: ABB Daimler-Benz Transportation
(Technology) GmbH, Berlin/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Energieoptimierung bei einem
Fahrzeug/Zug mit arbeitspunktabhängigem
Wirkungsgrad

IPC: B 61 L 3/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 15. Juni 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Brandl

ad99515de1

29. Juli 1999

kru/mal

f:\ib41sp\adtanm\mal00005.rtf

ABB Daimler-Benz Transportation
(Technology) GmbH

Saatwinkler Damm 43

D-13627 Berlin

Verfahren zur Energieoptimierung bei einem Fahrzeug/Zug mit arbeitspunkt-
abhängigem Wirkungsgrad

Verfahren zur Energieoptimierung bei einem Fahrzeug/Zug mit arbeitspunkt- abhängigem Wirkungsgrad

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Energieoptimierung bei einem Fahrzeug/Zug gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der Planung von Fahrten und der Erstellung von Fahrplänen für den Schienenverkehr werden Zeitreserven für unvorhergesehene Ereignisse und widrige Betriebsbedingungen eingeplant. Da während realer Fahrten die Betriebsbedingungen typischerweise günstiger sind als in der Planung angenommen, werden die dabei entstehenden Zeitreserven für andere Zwecke verfügbar. Eine besonders sinnvolle Benutzung der Zeitreserven besteht in der Einsparung von Energie mittels geeigneter Fahrweise.

Bisher bekannte und verwendete Verfahren zur Energieminimierung basieren meist auf der Annahme, daß eine Fahrweise, bestehend aus den Bestandteilen Maximalbeschleunigung - Fahrt bei konstanter Geschwindigkeit - Ausrollen - Maximalverzögerung energieoptimal ist. Hierbei wird die mechanische Traktionsenergie, die zur Beschleunigung des Fahrzeuges benötigt wird, minimiert. Für Nachweise wird ein lineares dynamisches Zugmodell verwendet, insbesondere wird kein Term berücksichtigt, der den quadratischen Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Fahrwiderstand beschreibt.

Bei der DD 255 132 A1 wird diese Grundannahme um die Unterteilung einer Gesamtstrecke in mehrere Abschnitte erweitert, so daß in jedem Abschnitt der Neigungswiderstand der Strecke konstant ist.

Bei der EP 0 467 377 B1 wird eine Unterteilung der Gesamtstrecke in mehrere Abschnitte in der Art eingeführt, daß in jedem Abschnitt die zulässige Maximalgeschwindigkeit konstant ist. Die aus den Bestandteilen Maximalbeschleunigung - Fahrt bei konstanter Geschwindigkeit -

Maximalverzögerung bestehende Fahrweise wird in jedem Abschnitt wiederholt. Es wird also auf das Ausrollen verzichtet.

Bei der EP 0 755 840 A1 wird kein konkretes Verfahren zur Energieoptimierung beschrieben, sondern vielmehr eine generelle Systemstruktur erläutert, womit auch eine Energieoptimierung realisiert werden kann. Ein Zyklus, bestehend aus Beschleunigung - Fahrt bei konstanter Geschwindigkeit - Verlangsamung und Bremsung wird als Beispiel angeführt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Energieoptimierung hinsichtlich der bei einem Fahrplan eines Fahrzeugs/Zuges eingeplanten Zeitreserven anzugeben.

Diese Aufgabe wird in Verbindung mit dem Oberbegriff durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Der mit der Erfindung erzielbare Vorteil besteht insbesondere darin, daß durch die Berücksichtigung der Arbeitspunktabhängigkeit des Fahrzeug-Wirkungsgrades beim Optimierungsalgorithmus anstatt der mechanischen Traktionsenergie die primär eingesetzte Energie, wie z.B. die elektrische Energie bei elektrischen Schienenfahrzeugen, minimiert wird.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist im Unteranspruch gekennzeichnet.

Weitere Vorteile des vorgeschlagenen Verfahrens ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1, 2 Kennfelder der Verlustleistung von typischen elektrischen Lokomotiven,

Fig. 3 einen beispielhaften Geschwindigkeitsverlauf bei konstant angenommenem Fahrzeugwirkungsgrad sowie Maximalgeschwindigkeit,

Fig. 4 einen beispielhaften optimalen Geschwindigkeitsverlauf bei Berücksichtigung der Arbeitspunktabhängigkeit des Fahrzeugwirkungsgrads sowie Maximalgeschwindigkeit,

Der Fahrzeugwirkungsgrad ist der Quotient aus der bereitgestellten Traktionsleistung - der Ausgangsleistung - und der dazu benötigten Eingangsleistung, insbesondere der elektrischen Leistung, die von einer elektrischen Lokomotive über einen Pantographen gezogen wird. Die Differenz zwischen Eingangsleistung und der Ausgangsleistung ist die Verlustleistung des Fahrzeuges.

Erfindungsgemäß wird vorgesehen, daß die Arbeitspunktabhängigkeit des Wirkungsgrades in die bzw. zur Energieoptimierung hinsichtlich der bei einem Fahrplan eines Fahrzeugs/Zuges eingeplanten Zeitreserven einbezogen wird, da eine Berechnung mit konstant angenommenem Wirkungsgrad nur eine schlechte Annäherung an das tatsächliche Optimum darstellt. Dabei wird das Problem der Energieminimierung als mathematisches Optimierungsproblem formuliert und mit einem geeigneten, allgemein bekannten Optimierungsalgorithmus gelöst.

Für das vorgeschlagene Verfahren geeignete Optimierungsalgorithmen sind beispielsweise aus Papageorgiou: Optimierung, Kapitel 10, 19 und insbes. 20, Oldenbourg Verlag, 1996, bekannt.

Die Berücksichtigung der Arbeitspunktabhängigkeit des Wirkungsgrades kann über eine Funktion des Wirkungsgrades oder der Verlustleistung in Abhängigkeit von wichtigen Einflußgrößen, wie insbesondere Traktionskraft und/oder Geschwindigkeit und/oder Temperatur erfolgen. In den Figuren 1 und 2 sind hierzu Kennfelder der Verlustleistung von typischen elektrischen Lokomotiven gezeigt. Ein solches dreidimensionales Kennfeld der Verlustleistung in Abhängigkeit von der Traktionskraft und der Geschwindigkeit ist eine typische Darstellungsmöglichkeit der Arbeitspunktabhängigkeit des Wirkungsgrades.

Fig. 3 zeigt als Fahrschaubild einen beispielhaften Weg/Geschwindigkeitsverlauf - siehe durchgezogene Kurve - bei konstant angenommenem Fahrzeugwirkungsgrad sowie Maximalgeschwindigkeit in den einzelnen Streckenabschnitten - siehe gestrichelte Kurve. Die dargestellte Fahrweise setzt sich aus den bekannten Bestandteilen zusammen, wobei diese in jedem Teilabschnitt mit konstanter Geschwindigkeitsbegrenzung wiederholt angewendet werden. Diese bekannten Bestandteile sind im wesentlichen Maximalbeschleunigung, Auslauf und Bremsung im ersten Abschnitt, gefolgt von „Fahren mit konstanter Geschwindigkeit“ in der Langsamfahrstrecke, gefolgt von Maximalbeschleunigung und dem Wechsel zwischen Auslaufen und Bremsen zum Anhalten.

Fig. 4 zeigt im Vergleich hierzu als Fahrschaubild (und entsprechend dem Kennfeld gemäß Fig. 1 ermittelt) einen beispielhaften optimalen Geschwindigkeitsverlauf - siehe durchgezogene Kurve - bei Berücksichtigung der Arbeitspunktabhängigkeit des Fahrzeugwirkungsgrads sowie Maximalgeschwindigkeit - siehe gestrichelte Kurve. Die dargestellte optimale Fahrweise unterscheidet sich deutlich von Fahrweisen, die mit bisher bekannten Verfahren (siehe Fig. 3) ermittelt werden können. Insbesondere kommt beim dargestellten Ausführungsbeispiel eine reduzierte Beschleunigung zum Einsatz, die fließend in das Bremsen übergeht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Energieoptimierung bei einem Fahrzeug/Zug bei der Benutzung von Zeitreserven, welche bei einem Fahrplan eingeplant sind, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer energiesparenden Fahrweise unter Zuhilfenahme eines Optimierungsalgorithmus die Arbeitspunktabhängigkeit des Fahrzeug-Wirkungsgrades oder der Verlustleistung berücksichtigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Berücksichtigung der Arbeitspunktabhängigkeit des Fahrzeug-Wirkungsgrades oder der Verlustleistung über eine Funktion des Wirkungsgrades oder der Verlustleistung in Abhängigkeit von Einflußgrößen, wie Traktionskraft und/oder Geschwindigkeit und/oder Temperatur erfolgt.

Verfahren zur Energieoptimierung bei einem Fahrzeug/Zug mit
arbeitspunktabhängigem Wirkungsgrad

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Energieoptimierung bei einem Fahrzeug/Zug bei der Benutzung von bei einem Fahrplan eingeplanten Zeitreserven vorgeschlagen. Zur Erzielung einer energiesparenden Fahrweise unter Zuhilfenahme eines Optimierungsalgorithmus wird die Arbeitspunktabhängigkeit des Fahrzeug-Wirkungsgrades oder der Verlustleistung berücksichtigt.

Signifikante Fig.: Fig. 1

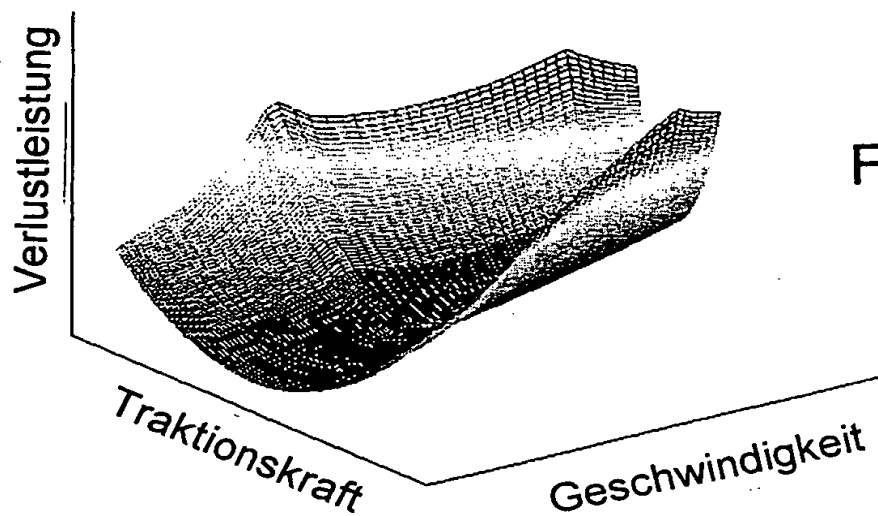


Fig. 1

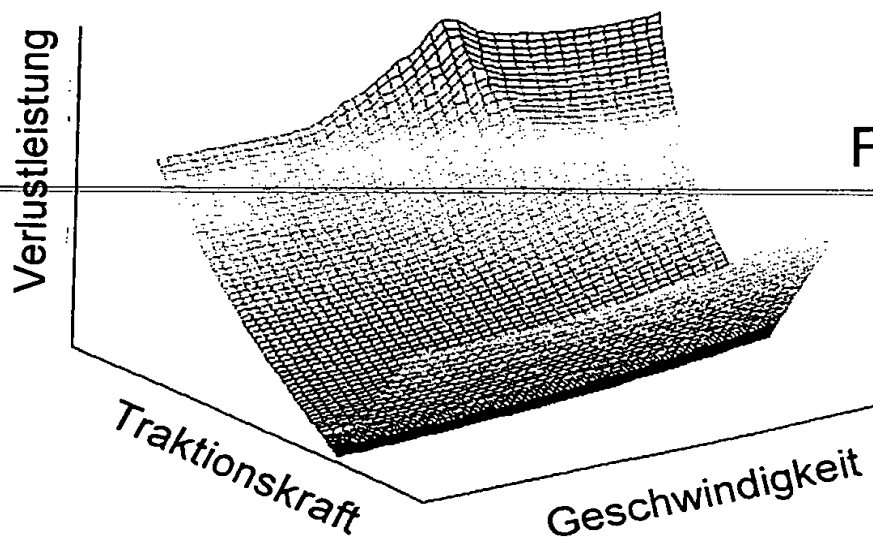


Fig. 2

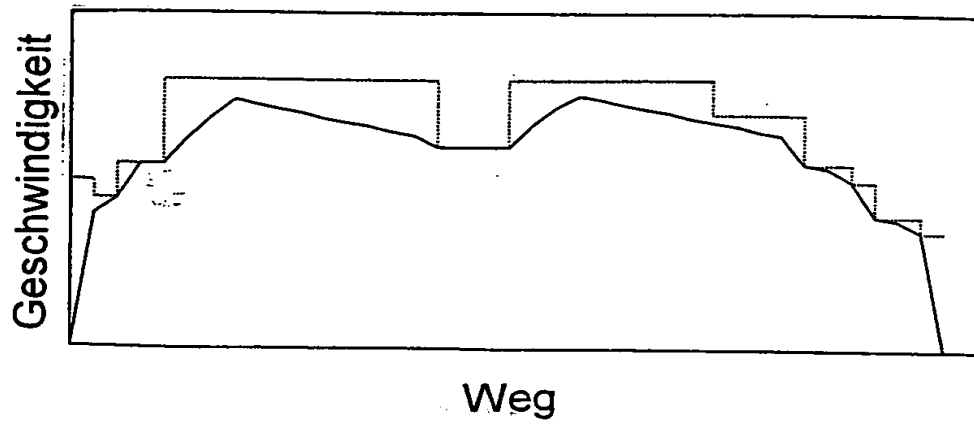


Fig. 3 (Standard Technik)

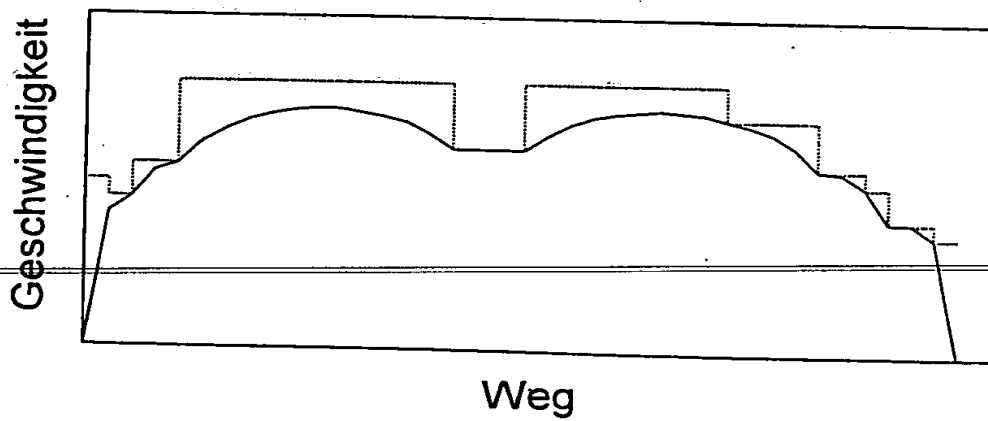


Fig. 4